

3才児における運動条件反射の形成について

——随意運動の構造の解明をめざして——

(昭和47年3月17日 受理)

西 條 修 光*

I はじめに

子どもたちがどのようにして随意運動を獲得していくのかという問題は、幼児期の体育指導を考えるうえで重要な問題である⁸⁾。

随意運動、すなわち意識的に調節可能な運動は、人間の運動を特徴づけるものであり、動物の運動とは質的に異なったものである。

Zaporozhetz⁹⁾は「ことばによって始めて、随意運動は、自分で考えたものとして、意識的性格をもつようになり、いわゆる動物の随意運動からは質的に区別される」と述べ、随意運動における言語の役割を強調している。

しかしながら、言語がいかにして随意運動を調節する機能を獲得していくのかという問題について、これを実験的に追求した研究はきわめて少ない。

とはいえ、既に数少ないながらも注目される研究がすすめられてきている。

Luria^{1)~6)}は1才から6才までの幼児を対象にゴム球押しの運動反射を用いて、他から発せられた言語刺激が幼児の中にどのように取り入れられて自分自身のものとなるか、そして自分自身から発した言語刺激によって幼児の行動がどのようにして調節されていくかの発達の特徴を明らかにしようとしている。

Beiswenger⁷⁾は、3才から6才までの幼児を対象に、Luriaの方法に基づいて随意運動

がいかにして形成されるかを明らかにしようとしている。

その結果、随意運動における本質的な変化が4才半頃から5才半頃の間に子どもに起こることを明らかにしている。

しかしながら、随意運動における本質的な変化が起こる4才半頃とその前の3才頃の間、にどのような差異があるかについては未だ十分に明らかでない。

そこで本研究では、3才児を中心にして言語の発達が幼児の随意運動をどのように変化させたかを明らかにすることを目的としている。

II 研究方法

随意運動の研究手法の主なものとして①唾液—運動条件反射法¹⁵⁾ ②Ivanov-Smolenskyの運動条件反射法^{1)~11)} ③眼瞼条件反射法¹⁴⁾ ④観察法⁸⁾などがあるが、本研究では、これらの方法のなかで Ivanov-Smolensky の運動条件反射法を用いることにした。

その理由は、子どもが実験をいやがらないこと、実験に要する時間が短くてすむこと、今まで研究が比較的多くなされており、データの比較検討ができやすいことなどである。

本研究では、次のような実験手続を作成して実験を行った。

1. あらかじめ指示係の「にぎって」という指示によってゴム球をにぎる練習を行う。
2. ついで「この光(赤い光)がつくと、

* 体育研究所・体育心理学研究室

Ⅲ 結 果

(1) 陽性運動条件反射の形成

まず「この光がつくと、ゴム球をにぎってね」という指示を与え、この指示に従って正しい運動ができるかどうかを調べた。

結果は、指示どおりの運動が 1) できるか、

2) うまくできるかという観点から整理した。

図 2、図 3 に示すごとく、3 才児、4、5 才児とも指示どおりの運動はできることがわかる。

しかしながら、運動が「うまくできたか」

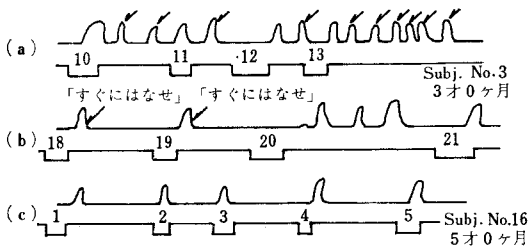


図 2. 3 才児における言語指示に対する運動条件反射の形成

(a) における矢印は「刺激間反射」がおこっていることを示す。

(b) 言語強化〈すぐに はなせ〉を与えたときの運動条件反射の記録。

(c) 言語指示による運動条件反射の形成。

第 1 線：運動条件反射の記録 第 2 線：陽性刺激の印

数字：刺激の呈示回数

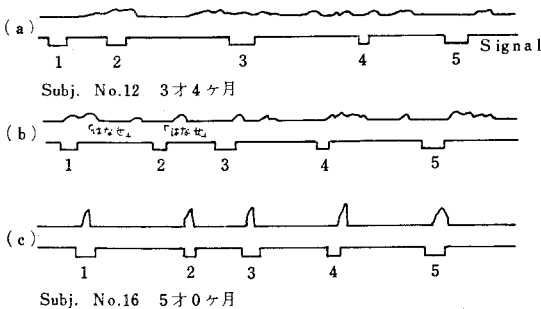


図 3. 3 才児における運動条件反射の緊張的性質

(a) } 言語指示を与えたときの運動条件反射の記録

(c) } 言語強化〈はなせ〉を与えたときの運動条件反射の記録

という点では、3 才児は 4、5 才児と比べて著しく異っていることがわかる。たとえば 3 才児では、「刺激間反射」がみられたり、また刺激を与えることをやめても、ゴム球をにぎりつづけるという「緊張的性質の反射」が観察される。ところが 4、5 才児では、このような反射は観察されないのである。

本研究では、言語指示を与えても所定の運動条件反射が形成されない場合、言語強化を与えた。すなわち、光刺激を与えるごとに、指示係が光がつくと「おせ」、光がきえたと「はなせ」という指示を与えたのである。

結果は、図 2b、図 3b のように、かなり運動条件反射を調節できるようになった。

しかしながらこのような言語強化を与えないと、ふたたび刺激間反射や緊張的性質の反射がみられた。

図 4 は、運動条件反射形成時における潜時をみたものである。図 4 に示すごとく、3 才児においては、潜時が大きく、かつその標準偏差が 4 才児の 4 倍以上にもなっている。

具体例を示すと、図 5 の通りである。この

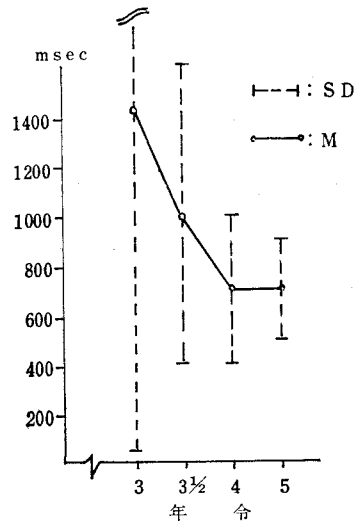


図 4 運動条件反射形成時における潜時の大きさとその不安定性

3才児における運動条件反射の形成について

被験者 No. 3は3才児のなかで最も刺激間反射が多いものの1人であった。図から3才児

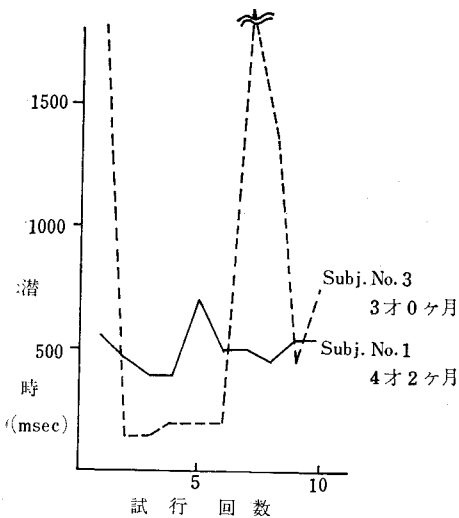


図5. 3才児における潜時の不安定性

の潜時は4才児に較べて極端に不安定であることがわかる。

(2) 運動条件反射の分化形成

ここでは「赤い光がつくと、ゴム球をにぎってね、黄色い光がつくと、ゴム球をにぎらないでね」という言語指示を与え、この指示に従って正しく分化された運動がなされるかどうかを調べたのである。

この年齢段階における神経系の興奮過程と抑制過程の強さをみるために、運動条件反射の分化形成時における「赤い光」(陽性刺激)

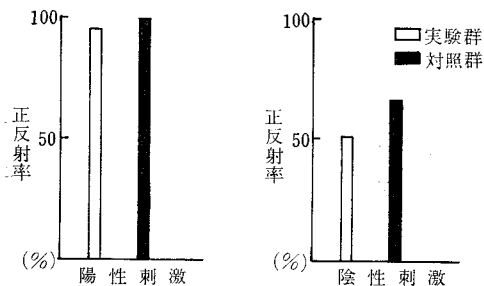


図6. 運動条件反射の分化形成時における正反射率の比較

実験群: 3才児 対照群: 4、5才児

と「黄色い光」(陰性刺激)とに対する正反射率をみたものが図6である。

3才児も4、5才児もともに陽性刺激に対する正反射率は、それぞれ95%、100%であり、指示どおりの運動ができることがわかる。

しかし、陰性刺激にたいしては、正反射率が4、5才児では70%であるのに対し、3才児では50%であり、3才児では指示どおりの運動がまだうまくできないのである。

図7 aは、3才児における言語指示を与えたときの運動条件反射の分化形成過程を示し

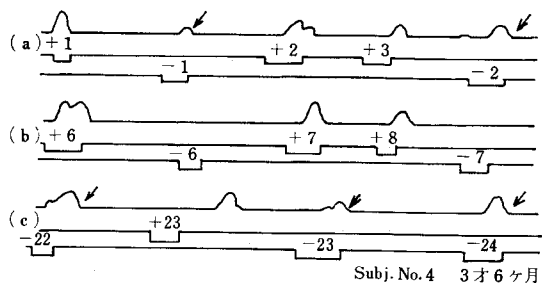


図7. 言語強化を与えたときの運動条件反射の分化の改善

- (a) 言語指示による運動条件反射の分化形成
 - (b) 言語強化「にぎれ」「にぎるな」による運動条件反射の分化形成
 - (c) 言語強化を与えなくしたときの運動条件反射の分化の破壊
- 第1線: 運動条件反射の記録 第2線: 陽性刺激の印
第3線: 陰性刺激の印

たものである。このように3才児においては言語指示だけでは、指示どおりの運動ができなくて、陰性刺激(にぎるな)に対しても運動を起こしてしまっている。

そこで言語強化を与えた結果を示したのが図7 bである。つまり赤い光には「にぎれ」、黄色い光には「にぎるな」という指示を、刺激が呈示されるたびに与えた。

その結果、図7 bのように、言語強化を与えると、指示どおりの運動ができるようになった。

ところが、このような言語強化を与えないと、ふたたび指示どおりの運動ができなくなった(図7 c)。

図8は、4、5才児における運動条件反射

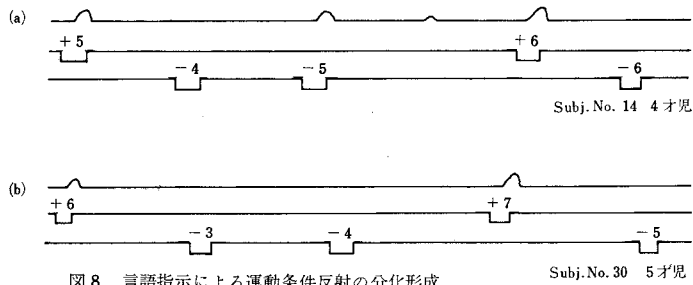


図 8 言語指示による運動条件反射の分化形成

第 1 線：運動条件反射の記録
第 2 線：陽性刺激の印
第 3 線：陰性刺激の印

の分化形成過程を示したものである。4, 5 才児では 3 才児と異なって言語指示だけで正しく指示された運動を行なっている。

(3) 内省報告

本研究では、言語が随意運動の形成においていかなる役割を果たすかをみるために、運動条件反射の分化形成実験終了後、直ちに次のような質問をして内省をきいた。「どういうときに、ゴム球をにぎりましたか」「どう

いうときに、ゴム球をにぎりませんでしたか」

図 9 の「不正確だが正しい」というのは、ことばで表現できないかわりに、まわりにある物の色（例えば色紙）を示す場合のことである。また「移動」というのは、実験終了後、内省を求めると報告ができなかったが、言語強化を与えると、運動条件反射の分化形成ができるようになった後に、再び内省を求めると、今度は正確な報告ができるようになったもののことである。

その結果、4, 5 才児では 70% のものが正確な報告をしているのに対して、3 才児では 0 であり、また報告なしが 50% もあった。

また 3 才児では、「不正確だが正しい」が 40% もあるのに対して、4, 5 才児では 10% 以下であった。

(4) 運動条件反射の逆転分化形成

ここでは「黄色い光がつくと、ゴム球をにぎってね、赤い光がつくと、ゴム球をにぎらないでね」という言語指示を与えた。

つまり、運動条件反射の分化形成実験において「にぎれ」の意味であった赤い光を「にぎるな」の意味に、「にぎるな」の意味であった黄色い光を「にぎれ」の意味に変えて、運動条件反射の分化形成をしようとするもの

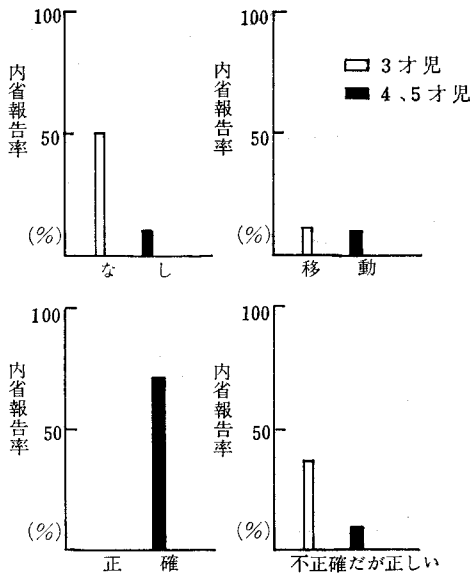


図 9 . 各年齢群における内省報告率

3才児における運動条件反射の形成について

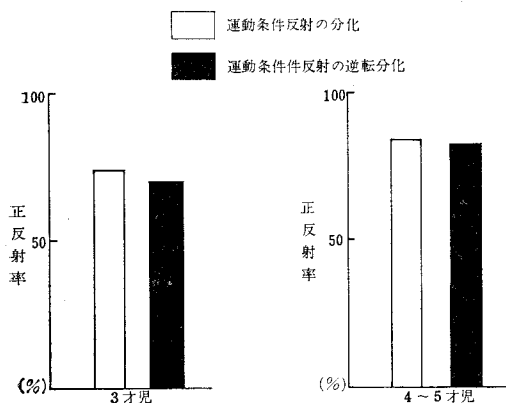


図10 運動条件反射の分化、逆転分化形成時における正反射率の比較

である。

このように刺激の意味を逆転することにより、興奮過程から抑制過程へ、抑制過程から興奮過程への切り換えの速さ、つまり神経系の易動性が十分に見だせることは、すでに Pavlov¹⁹⁾²²⁾²³⁾らによって明らかにされていることである。

そこで本研究では、運動条件反射の逆転分化を形成することにより、3才児と4、5才児において易動性にちがいがあのかどうかを検討した。

図10は、運動条件反射の分化形成実験における正反射率と運動条件反射の逆転分化形成実験における正反射率とを比較したものである。図によると、3才児、4、5才児ともに刺激の意味の逆転は、運動条件反射の逆転分化形成になんらの困難をも呼びおこさなかったことがわかる。

さらに分化形成での運動パターンを繰り返えすような傾向もみられなかった。このことは図10における、運動条件反射の分化形成実験での正反射率と、運動条件反射の逆転分化形成実験での正反射率が、3才児、4、5才児ともにあまりちがいがみられなかったことから明らかである。

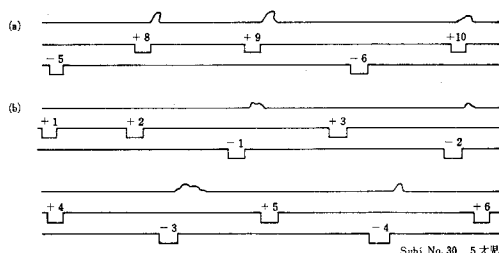


図11 運動条件反射の逆転分化形成時における運動条件反射での分化運動パターンの繰返し

(a) 運動条件反射の分化形成の記録

(b) 運動条件反射の逆転分化形成の記録

+: 陽性刺激 -: 陰性刺激

数字: 刺激呈回数

だがしかし図11にみられるように、運動条件反射の逆転分化形成実験において、運動条件反射の分化形成実験にみられた運動パターンを繰り返している例があった。

IV 考 察

1. 陽性運動条件反射の形成において、指示どおりの運動ができるかという点からは、3才児、4、5才児ともにあまりちがいは見だせなかったけれど、うまくできるかという点では、3才児は「刺激間反射」や「緊張的性質の反射」がみられ、4、5才児と比べて著じるしくことになっていることがわかったことは、どのようなことを意味しているのだろうか。

著者は、この年齢の子どもに刺激間反射や緊張的性質の反射がみられるのは、言語指示を理解せず、忘れていたためではないかと考え、実験終了後「どんなときに、にぎりましただか」と質問したところ、3才児、4、5才児とも正確な報告をした。

このことから、3才児において指示どおりの運動ができないのは、指示を忘れたためではなくて、別の原因によるものであらうと考えられる。つまり、3才児の神経ダイナミッ

クスの特徴によるのではないかということである。

著者は、3才児において刺激間反射や緊張的性質の反射がみられるのは、この年令段階では、興奮過程に比べて抑制過程が弱いので、そのために、興奮過程が拡がりやすくなっている、このような反射をおこすのではないかと考えている。つまり、興奮過程が拡がりやすいという特徴のために、刺激にたいして連続的にぎったり、刺激が消えてもにぎり続けるのではないかと考えられるのである。

また、この3才児における興奮過程の拡がりやすさという神経ダイナミックスの特徴は、潜時の大きさとその不安定性にもあらわれていると考えられる。つまり、潜時が大きく、それが不安定なのは、興奮過程が拡がりやすいために、刺激に対して集中ができないので、潜時が短縮したり、長くなったりするのではないかと考えられる。

2. この3才児における興奮過程の拡がりやすさは、抑制過程の弱さに帰因するのではないかと考え、運動条件反射の分化形成を行ない、この点を検討したのであるが、運動条件反射の分化形成における、陽性刺激に対する運動条件反射の形成では、3才児、4、5才児ともにあまりちがいは見だせなかった。

しかしながら、陰性刺激に対する運動条件反射の形成において、3才児は4、5才児と比べてことになっていることがわかった。つまり、3才児では陰性刺激に対して運動条件反射が形成されにくいのである。3才児において陰性刺激にたいして、言語指示どおりの運動が形成されにくいことは、Paramonova¹⁾、Tikhomirov²⁾、Luria⁶⁾らの指摘しているように、3才児の抑制過程の弱さによるものと考えられる。

つまり、この年令段階では、まだ興奮過程よりも抑制過程のほうが弱いので、興奮過程が拡がりやすく、そのために実験前の言語指

示をはっきりと理解していても、「赤い光」に答えてゴム球をにぎり始めると、にぎってはいけないう「黄色い光」がついたときにも、衝動的ににぎってしまうのであろう。

このことから、前実験で得られた結果、つまり3才児においては、興奮過程が極めて拡がりやすいために、陽性運動条件反射の形成がうまくできないということの背後には、この年令段階での抑制過程の弱さが、その本質を規定していると考えることができよう。

3才児において、言語指示だけで所定の運動条件反射が形成されない場合、言語強化を与えてみた。この手段を講ずることによって、3才児において、指示どおりの正しく分化された運動を形成することに成功したのである。

しかしながら、このような言語強化をやめると、ふたたび指示どおりの運動ができなくなるのである。言語指示を与えるだけでは、運動条件反射の分化形成ができなくて、言語強化の導入をしなくてはならないということ、一体どのようなことを意味しているのだろうか。

このことについて著者は、3才児では言語指示のもっている意味、つまりことばと運動との関係を理解する能力が未発達なために、言語指示だけでは運動条件反射の分化形成ができないのではないかと考えている。しかしながら、言語強化を与えることによって、何ゆえ指示どおりの運動が形成されるのかについてはまだ十分に説明することはできず、今後の課題としたい。

3. 言語と随意運動のかかわりあいをみるために、いかなる時にゴム球をにぎり、またいかなる時にゴム球をにぎらなかったかについての内省報告をとったところ、その結果、3才児では正確に報告したものが0であったが、これに対して4、5才児では70%のものが正確な報告をしたのである。

この結果と、3才児では言語指示を与える

3才児における運動条件反射の形成について

だけでは運動条件反射の分化形成が困難であるということとを総合してみると、言語指示を言語化、あるいは表現化できるもののほうが運動条件反射の分化形成がなされやすいものと思われる。

4. 3才児の神経系は易動性に乏しいことが Luria⁵⁾, Pen²⁵⁾, Kravkov²⁵⁾らによって報告されているが、本研究ではこの点を検討するために、刺激の意味を逆転する実験を行った。

しかしながら、3才児、4、5才児ともに刺激の意味を逆転させても、何らの困難を呼びおこさなく、運動条件反射の逆転分化の形成ができた。本実験の結果と Luria⁵⁾らの結果とのちがいがどのようなことをいみしているのであろうか。

著者は、この原因の一つとして Luria らの実験方法と本実験方法とのちがいを考えている。つまり、本実験では、厳密な意味で Luria らの方法とちがって、運動条件反射の分化形成が確立されるまで反復しないで、逆転分化の形成に入ったが、このような方法上のちがいによって結果のちがいが生じたのかもしれない。しかしながら、この点についての検討は今後の課題としたい。

V 要 約

(1) 3才児を中心にして、言語の発達が幼児の随意運動をどのように変化させたかを明らかにしようとした。

(2) 本研究においては、言語指示を与えることによって、ゴム球をにぎる運動条件反射の形成実験を行った。

(3) 形成された運動条件反射は、光がつくとゴム球をにぎる「形成」、赤い光（陽性刺激）と黄色い光（陰性刺激）との「分化」、さらに黄色い光（陽性刺激）と赤い光（陰性刺激）との「逆転分化」の3種である。

(4) 対象は、3才から5才までの幼児42名

である。

(5) （実験の結果）3才児では、興奮過程が拡がりやすいことがわかった。これは、この年令での抑制過程の弱さとも関係がある。

(6) 3才児においては、言語指示による運動条件反射の形成は、陽性運動条件反射のような単純な条件ではできるが、運動条件反射の分化のような複雑な条件では、きわめて困難である。

本研究を御指導下さいました、体育研究所松岡教授、体育心理学研究室長田教授、円田講師と実験に御協力下さった現場の先生、子どもたちに深く感謝いたします。

文 献

- 1) Luria, A. R. : The genesis of voluntary movement, *Recent Soviet Psychology*, 165~185. (1957)
- 2) Luria, A. R. : The directive function of speech in development and dissolution, *Readings in the Psychology of Cognition*, 350~362. (1959)
- 3) Luria, A. R. : The development of the regulatory role of speech, *Cognition in Children and Cognitive Development*, 601~621. (1961)
- 4) Luria, A. R. & Vinogradova, O. S. : An objective investigation of the dynamics of semantic systems, *Gen. Psychol.*, 50(2) 89~105. (1959)
- 5) ルリヤ：精神薄弱児，三一書房（1968）
- 6) ルリヤ：言語と精神発達，明治図書（1969）
- 7) Beiswenger, H. : Luria's model of the verbal control of behavior, *Merrill-Palmer Quarterly*, 14(4) 267~284. (1968)
- 8) ザポロージェツ：随意運動の発達，世界書院（1965）
- 9) 松野豊，藤原喜悦：言語を媒介とした運動条件反射の形成について，「東学大研究報告」，12，51~62. (1961)
- 10) 松野豊，藤原喜悦：言語を媒介とした運動条件反射の形成について，「東学大研究報告」，13，37~42. (1962)
- 11) 松野豊：正常児と精神薄弱児における運動条件反射の形成，「日本生理学雑誌」，23，334~360. (1961)
- 12) 高田登：条件反射理論による言語研究(1)，「心理学評論」，4，15~36. (1960)
- 13) 坂野登：条件反射理論による言語研究(2)，「心理学評論」，5，216~225. (1961)
- 14) Takata, N., : The interaction of the two signal systems in varying stimulus and response., *Psychologia*, 2, 27~36. (1959)
- 15) クラスノゴルスキー：子供の高次神経活動，世界書院（1967）
- 16) McAllister, W. R. & McAllister, D. E. : Effect of knowledge of conditioning upon eyelid conditioning, *J. exp. Psychol.*, 55(6), 579~583. (1958)
- 17) 柘植秀臣，岡田靖雄，島至訳編：最近の条件反射研究，日月社（1959）
- 18) パブロフ：条件反射学（上，中，下），新潮社（1955）
- 19) コシトヤンツ編：パブロフ選集（上，下），蒼樹社（1955）
- 20) ノヴォグロッキー：発達心理学，三一書房（1961）
- 21) 近藤充夫：幼児の運動の指導と言語指示について，“日本保育学会第24回大会発表論文抄録集”，15—413（1971）
- 22) 森山剛一，正木健雄：人間の高次神経活動の型に関する研究，東京理科大学紀要（教養），4，69~81. (1972)
- 23) 宮田洋：人間の条件反射，誠信書房（1965）
- 24) ヴィゴツキー：思考と言語（上，下），明治図書（1969）
- 25) コロブコフ：0才から100才までの身体づくり，講談社（1968）

注1) 神経系の興奮過程と抑制過程との強さのバランスのこと。

注2) 神経系の興奮過程から抑制過程へ，抑制過程から興奮過程への切り換えの速さのこと。

ON THE FORMATION OF CONDITIONED MOTOR REFLEXES
IN INFANT THREE YEARS OLD
(FOR THE ANALYSIS OF STRUCTURE OF VOLUNTARY MOVEMENT)

by
Osamitsu Saijyo

1. This study was intended to see how the voluntary movement changes through the development of speech in infants three years old
2. The formation of conditioned motor reflexes to grasp a rubber ball was made by verbal instruction and was studied under the following three different experimental conditions : grasping a rubber ball when light is on, differentiation on the red light (positive stimulus) from yellow light (negative stimulus), and reversal differentiation on the yellow light (positive stimulus) from the red light (negative stimulus).
3. Experimental subjects were 42 infants aged from three to five years.
4. As a result of this experiment, excitatory process in three-years-old infants was found to irradiate. This is related to the weakness of inhibitory process in these infants.
5. In three-years-old infants, conditioned motor reflexes by the verbal instruction could easily be formed only in positive conditioned motor reflexes, but it was not so easy in the differentiation.